

APLIKASI MIKROEMULSI β -KAROTEN UNTUK MENGHAMBAT KERUSAKAN FOTOOKSIDATIF VITAMIN C PADA SARI BUAH JERUK

Application of β -Carotene Microemulsion to Inhibit Vitamin C Photodegradation in Orange Juice

Setyaningrum Ariviani¹, Sri Raharjo², Pudji Hastuti²

¹Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ketingan No. 36 A, Surakarta; ²Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Email: setya_ariviani@yahoo.com

ABSTRAK

Sari buah jeruk merupakan produk pangan yang kaya vitamin C, tetapi rentan terhadap kerusakan fotooksidatif selama penyimpanan dan display. Penelitian ini bertujuan menentukan kemampuan mikroemulsi β -karoten dalam menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk dan pengaruhnya terhadap karakteristik sensorisnya. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa mikroemulsi β -karoten pada konsentrasi β -karoten 6 ppm (2 % b/b terhadap sari buah jeruk) terbukti efektif menghambat fotooksidasi vitamin C sari buah jeruk yang dipapar cahaya fluoresen 2000 lux selama 8 jam. Mikroemulsi β -karoten terbukti mampu berperan sebagai penghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk yang potensial, dengan penghambatan yang lebih tinggi dibanding mikroemulsi maupun β -karoten. Aplikasi mikroemulsi β -karoten ke dalam sari buah jeruk meningkatkan kualitas warna dan kenampakan sari buah jika penambahannya dilakukan setelah pasteurisasi.

Kata kunci: Mikroemulsi, β -karoten, fotooksidasi, vitamin C, sari buah jeruk

ABSTRACT

Orange juice were known have high ascorbic acid content, but susceptible towards photodegradation during storage and display. The objectives of this research were to determine β -carotene microemulsion inhibitory effect on ascorbic acid photooxidation in orange juice and to examine the effect of β -carotene microemulsion application on the sensory qualities. Results of this research showed that β -carotene microemulsion at β -carotene level of 6 ppm (2 % w/w of the system) effectively inhibited photooxidation of ascorbic acid in orange juice under 8 hours illumination of 2000 lux fluorescent light. The β -carotene microemulsion was proved as potential inhibitor of ascorbic acid photodegradation in orange juice, and the inhibitory effectiveness found to be higher than that of empty microemulsion and free β -carotene. Application of β -carotene microemulsion on orange juice enhanced the juice color and appearance quality when its added after pasteurization.

Keywords: Microemulsion, β -carotene, photooxidation, vitamin C, orange juice

PENDAHULUAN

Sari buah jeruk merupakan minuman yang banyak dikonsumsi dibanding sari buah yang lain disamping karena rasanya juga karena manfaatnya bagi kesehatan terkait dengan komponen bioaktif yang terdapat dalam sari buah jeruk yang berperan sebagai antioksidan seperti vitamin C dan senyawa fenolik. Penelitian terbaru menyatakan bahwa 66 % kapasitas antioksidan sari buah jeruk ditunjang oleh vitamin C (Gil-Izquierdo dkk., 2002). Vitamin C sari buah jeruk mudah

mengalami kerusakan fotooksidatif akibat adanya cahaya selama penyimpanan. Sari buah jeruk yang dikemas dalam kemasan gelas mengalami penurunan kadar vitamin C sebesar 39,4 % dan yang dikemas dalam botol PET (*polyethylene terephthalate*) mengalami penurunan sebesar 41,58 % pada penyimpanan suhu 35 °C selama 4 bulan (Baiano dkk., 2004). Cahaya fluoresen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kerusakan vitamin sari buah jeruk yang disimpan pada suhu ambient (25-30 °C) selama 32 hari (Solomon dkk., 1995). Conrad dkk. (2005) menyatakan bahwa vitamin C sari

buah jeruk yang dipapar cahaya matahari, cahaya fluoresen maupun UV mengalami degradasi dengan kinetika reaksi ordo nol dengan laju yang bervariasi.

Efektivitas antioksidan sangat dipengaruhi oleh medium reaksinya, dinyatakan dengan istilah "polar-paradox". Antioksidan polar lebih efektif dalam substansi minyak, dan antioksidan non polar lebih efektif dalam substrat polar (Pokorny dkk., 2001). Beta karoten yang merupakan antioksidan hidrofobik, diketahui mampu berperan sebagai senyawa *quencher* alami yang cocok untuk meminimalisasi fotooksidasi dalam sistem pangan terkait dengan kemampuannya sebagai *quencher* sensitizer triplet tereksitasi sekaligus *quencher* oksigen singlet. Kecepatan *quenching* oksigen singlet oleh β -karoten lebih tinggi dibanding quersetin, alfa-tokoferol, askorbil palmitat maupun asam askorbat, yaitu $4,6 \times 10^9 \text{ M}^{-1} \text{ det}^{-1}$ (β -karoten), $2,7 \times 10^7 \text{ M}^{-1} \text{ det}^{-1}$ (α -tokoferol), $3,2 \times 10^9 \text{ M}^{-1} \text{ det}^{-1}$ (quersetin), $1,0 \times 10^8 \text{ M}^{-1} \text{ det}^{-1}$ (askorbil palmitat), $5,77 \times 10^8 \text{ M}^{-1} \text{ det}^{-1}$ (asam askorbat) (Lee dkk., 1997; Min dan Boff, 2002; Sibeu, 2005). Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan β -karoten untuk menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk.

Beta karoten bersifat hidrofobik, oleh karena itu pencampuran β -karoten ke dalam sari buah jeruk memerlukan metode yang memungkinkan β -karoten terdispersi merata, sehingga akan lebih efektif dalam penghambatan fotooksidasi dan sekaligus memberikan kenampakan yang lebih menarik. Metode mikroemulsi o/w memungkinkan terlarutnya substansi yang bersifat hidrofobik ke sistem yang bersifat hidrofilik sehingga dapat meningkatkan efektivitas dan bioavailabilitas substansi tersebut (Spernath dkk., 2003; Flanagan dan Singh, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efektivitas mikroemulsi β -karoten dalam menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk dan pengaruhnya terhadap karakteristik sensorisnya.

METODE PENELITIAN

Bahan

Pewarna sintetik FD & C red No. 3 (erythrosine), β -karoten, Span 80, Span 40, Span 20 dan riboflavin dari sigma, L-ascorbic acid dari aldrich, Tween 80, KH_2PO_4 , K_2HPO_4 dan NaOH dari merck, serta bahan-bahan yang lain seperti gula (sukrosa), *food grade* asam sitrat, aquades, bubuk minuman rasa jeruk, dan minyak kedelai ("Happy salad oil").

Pembuatan Mikroemulsi β -Karoten

Mikroemulsi dibuat dengan metode emulsifikasi (Flanagan and Singh, 2006) menggunakan kombinasi 3

campuran surfaktan HLB rendah (Span 80) sedang (Span 40, span 20) dan tinggi (Tween 80), minyak dan air. Mikroemulsi dibuat dengan menambahkan air pada campuran minyak-surfaktan dengan cara pengadukan dan pemanasan menggunakan hotplate magnetic stirrer suhu $70 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 20 menit. Pembuatan mikroemulsi β -karoten sama dengan proses pembuatan mikroemulsi, β -karoten ditambahkan pada campuran minyak-surfaktan sebelum penambahan air.

Pengujian Penghambatan Kerusakan Vitamin C

Sari buah jeruk dibuat dengan cara manual, yaitu buah jeruk diperas menggunakan pemeras jeruk, selanjutnya disaring, disentrifuge dengan kecepatan 3000g selama 15 menit. Supernatan dipasteurisasi dengan pemanasan suhu 70°C selama 15 menit, ditempatkan dalam wadah plastik steril, disimpan suhu -4°C sampai akan digunakan. Sari buah jeruk dianalisis kadar total karoten dan kadar tokoferolnya dengan metode AOAC (1984).

Kemampuan mikroemulsi β -karoten dalam menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk dilakukan dengan mengukur laju kerusakan vitamin C sari buah jeruk pada konsentrasi beta karoten 6 ppm (2 % b/b terhadap sari buah jeruk). Efektivitas mikroemulsi β karoten dibandingkan dengan kontrol (aquades), β karoten (*free β -carotene*) dan mikroemulsi β -karoten 0 ppm (*empty microemulsions*). Sari buah jeruk dengan berbagai perlakuan penambahan β -karoten dimasukkan dalam botol serum dengan dan tanpa dibungkus al-foil, ditutup, dipapar dengan cahaya fluoresen 2000 lux selama 8 jam. Setiap interval waktu 2 jam (0, 2, 4, 6 dan 8 jam) dilakukan analisis vitamin C dengan metode Jung dkk. (1995) dan diuji stabilitasnya selama iluminasi dengan pengamatan visual terhadap dispersi yang terbentuk antara sari buah dengan β karoten yang ditambahkan.

Untuk melihat pengaruh fortifikasi vitamin C pada sari buah jeruk terhadap laju kerusakan fotooksidatif vitamin C dan efektivitas penghambatannya oleh mikroemulsi β -karoten, maka sari buah jeruk diperlakukan tanpa dan dengan penambahan vitamin C 450mg/l, yang merupakan kadar maksimum yang mungkin terdapat dalam sari buah jeruk (Klimczak dkk., 2007).

Analisis Vitamin C

Analisis vitamin C dilakukan dengan metode *riboflavin-sensitized photodynamic uv spectrophotometry* (Jung dkk., 1995), prinsipnya vitamin C dalam sampel dioksidasi dengan penyinaran 5500 lux selama 15 menit dengan ditambah 6 ppm riboflavin sebagai sensitizer. Diukur absorbansi sampel pada panjang gelombang 265 nm sebelum dan setelah penyinaran, menggunakan spektrofotometer UV-vis. Selisih absorpsi sebelum dan setelah penyinaran sebanding dengan vitamin

C dalam sampel. Kuantifikasi kadar vitamin C dilakukan dengan membuat kurva standar vitamin C.

Uji Sensoris

Pengaruh aplikasi β -karoten (mikroemulsi, β -karoten maupun mikroemulsi β -karoten) terhadap kualitas sensoris sari buah jeruk yang meliputi warna, aroma, rasa dan kenampakan diuji dengan uji perbandingan jamak (*multiple comparison*) menggunakan 17 panelis semi terlatih. Panelis diminta untuk menunjukkan perbedaan antara sampel dengan contoh baku R, apakah lebih baik, sama dengan atau lebih buruk, dan menentukan besarnya tingkat perbedaan yang ada. Skor 1: amat sangat lebih baik dari R, 3: lebih baik dari R, 5: sama dengan R, 7: lebih buruk dari R dan 9: amat sangat lebih buruk dari R.

Aplikasi β -karoten (kontrol, β -karoten, mikroemulsi maupun mikroemulsi β -karoten) ke dalam sari buah jeruk dilakukan dengan 4 metode, yaitu tanpa pengaturan pH maupun pemanasan (metode A) sebagai kontrol; dengan pengaturan pH yang dilakukan melalui penurunan pH dari 4,3 menjadi 3,5 dengan penambahan asam sitrat yang "food-grade" (metode B) untuk mengetahui stabilitasnya pada pH rendah; dengan pemanasan 70 °C selama 15 menit (metode C) untuk mengetahui stabilitasnya terhadap pasteurisasi dan terakhir dengan metode pengaturan pH maupun pemanasan (metode D) untuk mengetahui stabilitasnya terhadap pasteurisasi pada pH rendah.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan ANOVA dan untuk menguji perbedaan antar perlakuan dilakukan uji DMRT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghambatan Kerusakan Fotooksidatif Vitamin C Sari Buah Jeruk

Sari buah jeruk merupakan salah satu contoh pangan dengan sistem heterogen yang banyak dikonsumsi dibanding sari buah yang lain. Di samping karena rasa sari buah jeruk juga bermanfaat bagi kesehatan terkait dengan komponen bioaktif yang berperan sebagai antioksidan seperti vitamin C dan senyawa fenolik. Sari buah jeruk mengandung asam amino esensial, potassium dan serat tetapi rentan terhadap kerusakan fotooksidatif. Vitamin C sari buah jeruk mudah mengalami degradasi akibat adanya cahaya (Conrad dkk., 2005).

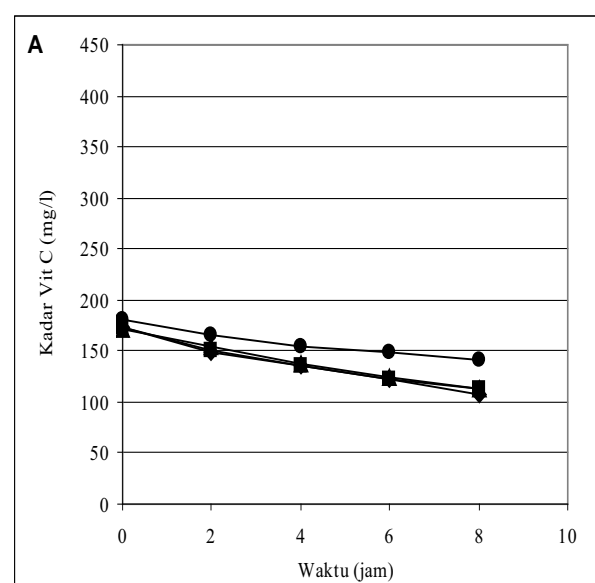
Kadar vitamin C, kadar total karotenoid dan kadar tokoferol sari buah jeruk yang digunakan berturut-turut adalah $174 \pm 5,6$ ppm, $2,005 \pm 0,034$ ppm dan $0,068 \pm 0,014$ ppm. Oleh karena sari buah jeruk secara alami memiliki

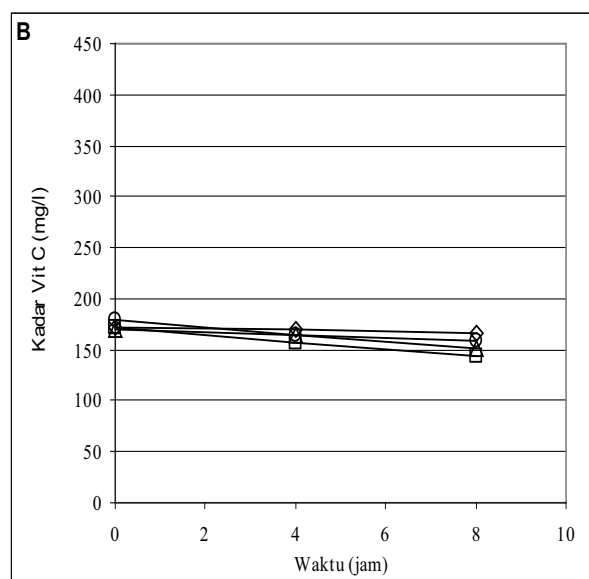
karotenoid yang memberikan warna khas kuning-orang, maka aplikasi mikroemulsi β -karoten diharapkan tidak akan memberikan kenampakan yang menyimpang.

Beta karoten terbukti memiliki potensi antifotooksidatif yang tinggi (Lee dan Min, 1988; Lee dan Min, 1990; Li dkk., 2000; Min dan Boff, 2002; Montenegro dkk., 2002; Viljenan dkk. 2002; De Azeredo dkk., 2003), dan efektivitas antifotooksidatifnya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsentrasinya, jenis dan konsentrasi sensitizer dan solven yang digunakan maupun konsentasi substratnya.

Tanpa Fortifikasi Vitamin C

Berdasarkan grafik laju kerusakan vitamin C sari buah jeruk dengan berbagai perlakuan penambahan β karoten (Gambar 1) dan Tabel 1 yang memperlihatkan efektivitas mikroemulsi β -karoten dalam menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk pada kondisi gelap maupun terang, diketahui bahwa laju kerusakan vitamin C sari buah jeruk yang dipapar cahaya fluoresen pada kondisi terang lebih tinggi dibandingkan pada kondisi gelap. Tingkat kerusakan yang tinggi pada kondisi terang ini mengindikasikan terjadinya fotooksidasi vitamin C. Senyawa yang mungkin berperan sebagai senyawa pemanen energi cahaya (fotosensitizer) adalah riboflavin (vitamin B₂) yang terdapat dalam sari buah jeruk. Menurut Franke dkk. (2006), sari buah jeruk mengandung vitamin C, vitamin B kompleks (termasuk di dalamnya riboflavin) dan vitamin A, dengan proporsi vitamin C > vitamin B kompleks > vitamin A. Kemungkinan kedua kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk ini disensitasi oleh klorofil yang mungkin ikut terekstrak pada waktu pemerasan buah jeruk.





◆, ♦ : Kontrol; ■, □ : mikroemulsi (*empty microemulsions*); ●, ○ : mikroemulsi β karoten 6 ppm; ▲, Δ : β karoten (*free β-carotene*) 6 ppm

Gambar 1. Laju kerusakan vitamin C dalam sari buah jeruk pada kondisi terang (A) dan gelap (B) dengan berbagai perlakuan penambahan β-karoten

Perlakuan mikroemulsi, mikroemulsi β-karoten, maupun β-karoten dalam bentuk kristal tidak memperlihatkan aktivitas antioksidan pada kondisi gelap yang ditunjukkan dengan laju kerusakan vitamin C yang tidak berbeda nyata dengan kontrol, namun memiliki aktivitas antifotooksidatif yang terlihat dengan kemampuannya dalam menghambat laju kerusakan vitamin C pada kondisi terang. Li dkk. (2000), Lee dkk. (1988), dan Yang dkk. (2002) menyatakan bahwa β-karoten tidak memperlihatkan aktivitas antioksidan pada kondisi gelap tetapi memperlihatkan kemampuan antifotooksidatif pada minyak kedelai yang disensitasi klorofil maupun eritrosin.

Beta karoten dalam bentuk mikroemulsi terbukti lebih efektif dalam menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk dibanding mikroemulsi maupun β-karoten (*free β-carotene*) (Tabel 1). Ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hui dkk. (2008) yang menyatakan bahwa efektivitas antimikrobia GML (gliserol monolaurat) lebih efektif dalam bentuk mikroemulsi dibandingkan GML saja atau mikroemulsinya saja (campuran etanol-Tween 20-air).

Tabel 1. Efektivitas mikroemulsi β-karoten dalam menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk

Sample Sari Buah Jeruk pada Berbagai Perlakuan Penambahan β-Karoten	Laju Kerusakan Vitamin C (mg. L ⁻¹ . Jam ⁻¹)	
	Terang (A)	Gelap (B)
Kontrol	-7.8 ± 0.22 ^c	-2.4 ± 0.88 ^a
Mikroemulsi β karoten 6 ppm	-4.8 ± 0.16 ^a	-2.8 ± 0.35 ^a
Mikroemulsi (<i>empty microemulsions</i>)	-7.4 ± 0.43 ^b	-3.5 ± 0.41 ^a
β karoten (<i>free β-carotene</i>) 6 ppm	-7.3 ± 0.32 ^b	-2.9 ± 0.59 ^a

Keterangan: **Huruf** yang sama dalam **kolom** yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat α 0.05

Beta karoten memperlihatkan aktivitas penghambatan fotooksidasi vitamin C yang sama dengan mikroemulsi. Chen dkk. (1993) melaporkan bahwa *traditional orange juice* mengandung air 88,4 %, protein 0,8 %, lemak 0,2 %, dan karbohidrat 10 %. Lemak ini meskipun terdapat dalam jumlah kecil tetapi dapat berkontribusi terhadap kelarutan β-karoten dalam sari buah jeruk sehingga memperlihatkan kemampuan penghambatan kerusakan vitamin C sari buah jeruk akibat fotooksidasi.

Aktivitas penghambatan fotooksidasi vitamin C sari buah jeruk oleh mikroemulsi dimungkinkan karena mikroemulsi memiliki kemampuan membentuk film tipis yang mampu menghambat kontak sensitizer dan vitamin C maupun sensitizer dengan oksigen. Selain itu mikroemulsi akan memfasilitasi senyawa karotenoid sari buah jeruk untuk larut ke dalam fase hidrofilik, sehingga lebih efektif dalam menghambat fotooksidasi vitamin C yang larut pada fase air.

Fortifikasi Vitamin C

Fortifikasi vitamin C pada sari buah jeruk meningkatkan laju kerusakan fotooksidatifnya. Dalam sari buah jeruk tanpa fortifikasi laju kerusakan fotooksidatif vitamin C 7,79 mg/l jam (Tabel 1) sedangkan pada sari buah yang difortifikasi lajunya meningkat menjadi 8,554 mg/l jam (Tabel 2). Hal ini dikarenakan makin tinggi konsentrasi substrat maka kerusakan fotooksidatifnya juga makin meningkat (Lee dkk., 1988; Li dkk., 2000; Yang dkk., 2002).

Tabel 2. Efektivitas mikroemulsi β -karoten dalam menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk yang difortifikasi dengan 450 mg/l vitamin C

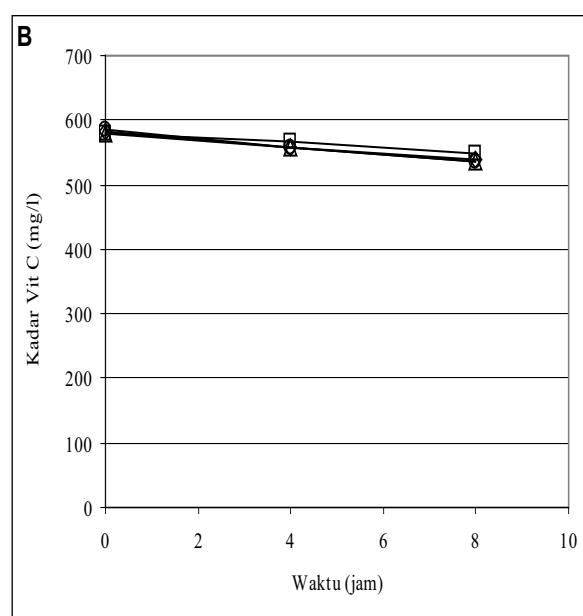
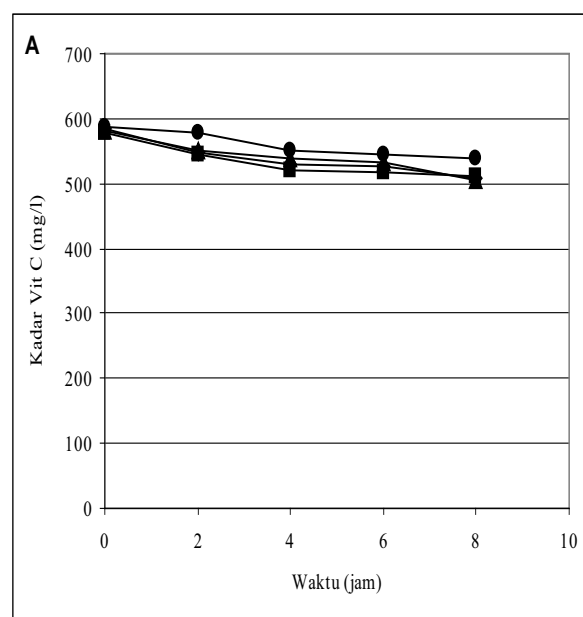
Sampel Sari Buah Jeruk (+) 450 mg/l vit C pada Berbagai Perlakuan Penambahan β -Karoten	Laju Kerusakan Vitamin C (mg. L ⁻¹ . Jam ⁻¹)	
	Terang (A)	Gelap (B)
Kontrol	-8.6 \pm 0.80 ^b	-5.7 \pm 0.73 ^a
Mikroemulsi β karoten 6 ppm	-6.5 \pm 0.83 ^a	-6.0 \pm 0.27 ^a
Mikroemulsi saja (<i>empty microemulsions</i>)	-8.1 \pm 0.58 ^b	-5.0 \pm 0.55 ^a
β karoten langsung (<i>free β-carotene</i>) 6 ppm	-8.2 \pm 1.04 ^b	-5.6 \pm 0.62 ^a

Keterangan: Huruf yang sama dalam **kolom** yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat α 0.05

Berbeda dengan sari buah jeruk tanpa fortifikasi, dalam sari buah jeruk yang difortifikasi vitamin C, baik perlakuan mikroemulsi maupun β -karoten tidak memperlihatkan aktivitas penghambatan fotooksidasi vitamin C. Selain itu, kemampuan mikroemulsi β -karoten dalam menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C pada sari buah jeruk tanpa fortifikasi lebih tinggi dibanding yang difortifikasi. Hal ini disebabkan karena tingkat kerusakan fotooksidatif vitamin C dalam sari buah jeruk yang difortifikasi lebih tinggi di banding yang tanpa fortifikasi. Aplikasi mikroemulsi β -karoten ke dalam sari buah jeruk dengan maupun tanpa fortifikasi vitamin C, terbukti mampu menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah dengan kemampuan penghambatan lebih besar dibanding mikroemulsi maupun β -karoten (Tabel 1 dan Tabel 2).

Karakteristik Sensoris Sari Buah Jeruk

Karakteristik sensoris sari buah jeruk dengan berbagai perlakuan penambahan β -karoten pada berbagai perlakuan proses dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 2. Gambar 2 memperlihatkan bahwa pada Metode A yaitu tanpa pengaturan pH maupun pemanasan, mikroemulsi β -karoten yang ditambahkan memperbaiki kualitas warna maupun kenampakan dan tidak berpengaruh terhadap aroma, namun menurunkan kualitas rasa sari buah jeruk. Fenomena ini juga terjadi pada sari buah jeruk yang diasamkan hingga pH 3,5 (Metode B). Penambahan mikroemulsi dengan Metode A maupun B hanya berpengaruh terhadap penurunan kualitas rasa dan tidak berpengaruh terhadap karakteristik sensoris yang lain. Hal ini mengindikasikan bahwa mikroemulsi maupun mikroemulsi β -karoten stabil terhadap pH rendah (3,5). Penurunan kualitas rasa yang terjadi kemungkinan akibat adanya Tween 80 yang terkandung dalam mikroemulsi.



◆, ◇ : Kontrol; ■, □ : mikroemulsi (*empty microemulsions*); ●, ○: mikroemulsi β karoten 6 ppm; ▲, △ : β karoten (*free β carotene*) 6 ppm

Gambar 2. Laju kerusakan vitamin C dalam sari buah jeruk yang difortifikasi dengan 450 mg/l vitamin C pada kondisi terang (A) dan gelap (B) dengan berbagai perlakuan penambahan β -karoten

Tabel 3. Kualitas sensoris sari buah jeruk dengan berbagai metode penambahan β -karoten

Sampel tanpa pengaturan pH (4.3) maupun pemanasan				
Penambahan Beta karoten	Warna	Aroma	Rasa	Kenampakan
Kontrol (tanpa penambahan beta karoten)	4.94±0.66 ^b	4.71±1.31 ^a	4.76±1.35 ^a	5.06±0.75 ^b
Mikroemulsi saja (<i>empty microemulsions</i>)	4.82±0.95 ^b	5.94±1.89 ^a	6.88±1.83 ^b	5.82±1.19 ^b
Mikroemulsi beta karoten 6 ppm	2.06±1.09 ^a	5.94±2.75 ^a	7.18±2.35 ^b	3.53±2.70 ^a
Beta karoten langsung 6 ppm	5.76±1.09 ^c	4.71±1.21 ^a	5.24±1.56 ^a	6.18±1.33 ^b
Sampel dengan pengaturan pH (3.5) , tanpa pemanasan				
Penambahan Beta karoten	Warna	Aroma	Rasa	Kenampakan
Kontrol (tanpa penambahan beta karoten)	4.65±0.70 ^b	4.82±1.07 ^{ab}	4.29±1.76 ^a	4.65±0.70 ^b
Mikroemulsi saja (<i>empty microemulsions</i>)	4.59±1.18 ^b	5.41±1.58 ^{ab}	5.82±1.74 ^b	4.71±1.10 ^b
Mikroemulsi beta karoten 6 ppm	1.82±0.95 ^a	5.82±2.40 ^b	6.71±2.23 ^b	2.88±2.45 ^a
Beta karoten langsung 6 ppm	4.59±1.42 ^b	4.29±1.45 ^a	4.29±1.49 ^a	4.82±1.67 ^b
Sampel tanpa pengaturan pH (4.3) , dengan pemanasan (70°C, 15 menit)				
Penambahan Beta karoten	Warna	Aroma	Rasa	Kenampakan
Kontrol (tanpa penambahan beta karoten)	4.65±1.11 ^a	4.41±1.06 ^a	4.35±1.57 ^a	4.47±1.07 ^a
Mikroemulsi saja (<i>empty microemulsions</i>)	6.82±1.74 ^b	6.65±1.37 ^b	6.82±1.94 ^b	6.71±1.96 ^b
Mikroemulsi beta karoten 6 ppm	6.82±1.67 ^b	6.88±1.65 ^b	6.71±2.08 ^b	6.88±1.83 ^b
Beta karoten langsung 6 ppm	5.06±1.43 ^a	4.65±1.41 ^a	4.53±1.84 ^a	5.47±1.46 ^a
Sampel dengan pengaturan pH (3.5) dan pemanasan (70°C, 15 menit)				
Penambahan Beta karoten	Warna	Aroma	Rasa	Kenampakan
Kontrol (tanpa penambahan beta karoten)	4.82±0.53 ^{ab}	5.24±1.25 ^a	4.29±0.92 ^a	4.76±0.56 ^a
Mikroemulsi saja (<i>empty microemulsions</i>)	5.71±2.76 ^{ab}	6.53±1.37 ^b	5.76±2.19 ^b	5.82±2.48 ^{ab}
Mikroemulsi beta karoten 6 ppm	6.24±2.59 ^b	6.94±1.60 ^b	6.41±1.99 ^b	6.24±2.49 ^b
Beta karoten langsung 6 ppm	4.65±1.11 ^a	4.65±1.37 ^a	4.18±0.95 ^a	5.35±1.06 ^{ab}

Keterangan:

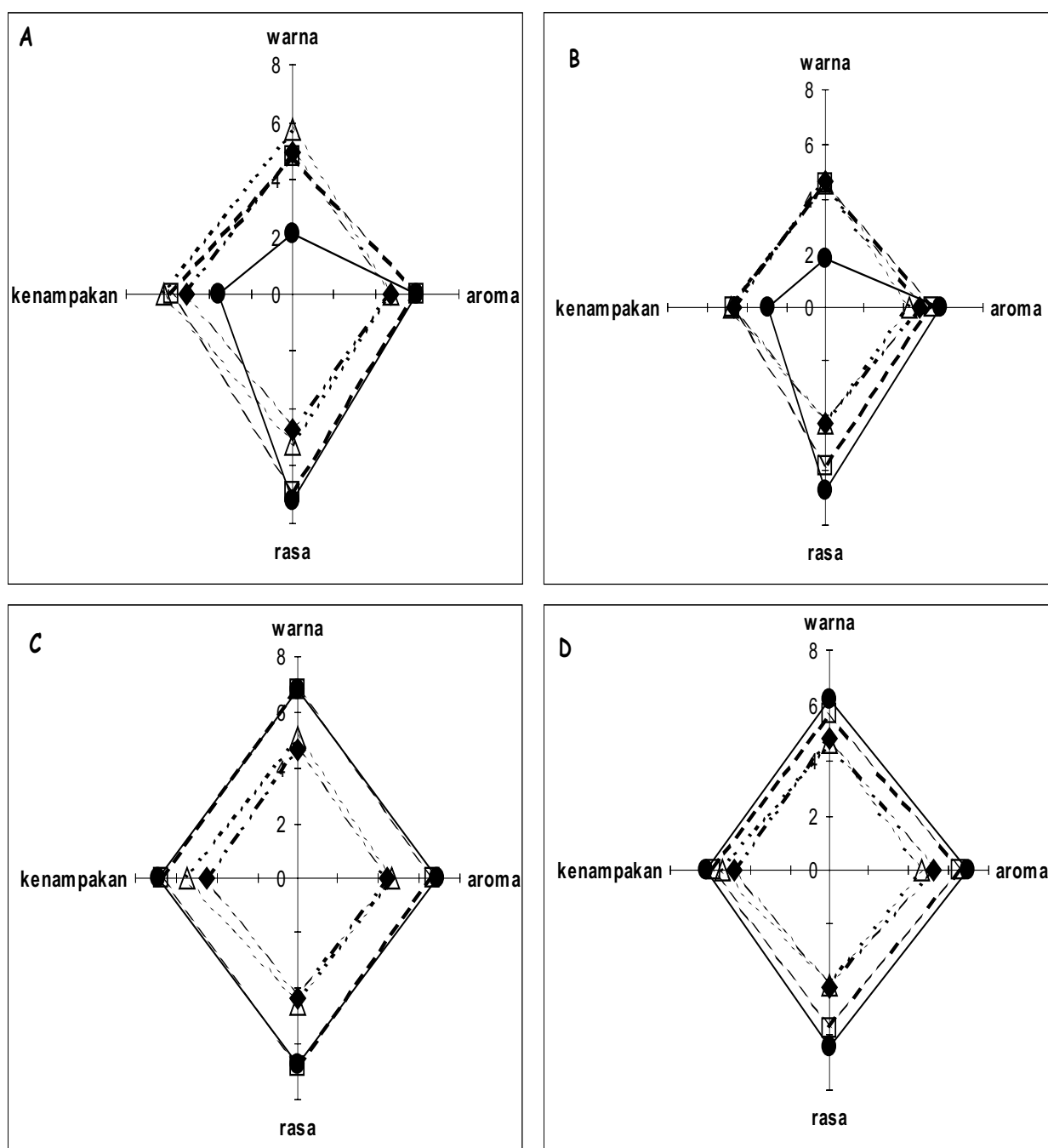
Huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat α 0.05

Skor 1: amat sangat lebih baik dari R, 3: lebih baik dari R, 5: sama dengan R, 7: lebih buruk dari R dan 9: amat sangat lebih buruk dari R. R: sari buah jeruk tanpa penambahan beta karoten

Penambahan β -karoten dengan Metode B tidak berpengaruh terhadap karakteristik sensoris sari buah jeruk namun jika penambahan dilakukan dengan Metode B mengakibatkan penurunan kualitas warna. Jika penambahan mikroemulsi dan mikroemulsi β -karoten ke dalam sari buah jeruk diikuti dengan pasteurisasi (70 °C, 15 menit) (Metode C), berakibat menurunnya kualitas warna, aroma, maupun rasa sari buah jeruk dengan tingkat penurunan kualitas yang sama. Penambahan β -karoten dengan Metode C maupun D tidak berpengaruh terhadap kualitas sensoris sari buah jeruk.

Jika dibandingkan antara Metode A, B, C dan D pada Tabel 3, terlihat bahwa dengan perlakuan pasteurisasi tanpa

pengaturan pH (Metode C), mengakibatkan penurunan kualitas warna maupun kenampakan sari buah jeruk yang ditambah mikroemulsi maupun mikroemulsi β -karoten, padahal pada metode A maupun B yang merupakan metode aplikasi tanpa diikuti perlakuan pemanasan, penambahan mikroemulsi β -karoten memperbaiki kualitas warna maupun kenampakan sari buah jeruk. Sebaliknya pada sari buah yang ditambah kristal β -karoten perlakuan pemanasan ini tidak berpengaruh terhadap kualitas sensorisnya. Hal ini terkait dengan isomerisasi trans-cis β -karoten. Menurut Chen dan Chen (1993) dan Chen dkk. (1995) isomerisasi *trans-cis* β -karoten mengakibatkan penurunan intensitas warna dan penurunannya semakin besar dengan peningkatan isomer-cis.



♦ : Kontrol; □ : mikroemulsi (empty microemulsions); ● : mikroemulsi β -karoten 6 ppm; Δ : β karoten (free β karoten) 6 ppm. A: tanpa pengaturan pH maupun pemanasan, B: dengan pengaturan pH, C: dengan pemanasan, D: dengan pengaturan pH maupun pemanasan. Skor 1: amat sangat lebih baik dari R, 3: lebih baik dari R, 5: sama dengan R, 7: lebih buruk dari R dan 9: amat sangat lebih buruk dari R.
R: sari buah jeruk tanpa penambahan β -karoten

Gambar 3. Kualitas sensoris sari buah jeruk dengan berbagai metode penambahan β -karoten

Mikroemulsi memfasilitasi terlarutnya β -karoten sari buah jeruk sehingga tingkat kelarutannya meningkat, mikroemulsi β -karoten meningkatkan konsentrasi β -karoten yang terlarut dalam sari buah jeruk, sehingga pada perlakuan pemanasan kemungkinan terjadi isomerisasi *trans-cis* β -karoten yang mengakibatkan intensitas warnanya menurun dan menghasilkan warna sari buah jeruk yang lebih kuning (warna orange berkurang). Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Marx dkk. (2003) yang memperlihatkan bahwa pasteurisasi sari buah wortel pada suhu 95°C selama 30 menit tidak menyebabkan penurunan kadar total β -karoten maupun isomerisasi *trans-cis* β -karoten secara signifikan tetapi penambahan lemak (*grape seed oil* 1 % w/w) pada bubur buah wortel mengakibatkan peningkatan isomerisasi *trans-cis* pada sari buah wortel yang dipasteurisasi pada suhu dan waktu yang sama. Gama dan Maria (2005) menuliskan bahwa tidak terjadi penurunan kadar total pigmen karotenoid yang signifikan pada perlakuan pasteurisasi (95-105°C, 10 menit) sari buah jeruk valencia yang merupakan sari buah jeruk paling kaya karotenoid.

Dan dkk. (2009) menyatakan bahwa ketika kristal β -karoten dipanaskan pada kondisi terbuka pada suhu 40, 90, maupun 140°C mengakibatkan terjadinya penurunan konsentrasi *trans* β -karoten tetapi tidak terbentuk isomer *cis*. Chen dkk. (1994) dan Chen dan Huang (1998) memperlihatkan bahwa pemanasan kristal *trans* β -karoten pada suhu kurang dari 125°C menyebabkan penurunan konsentrasi *trans* β -karoten tetapi tidak terjadi pembentukan isomer *cis*. Isomerisasi *trans-cis* tidak terjadi pada β -karoten yang berbentuk kristal dan kelarutan merupakan prasyarat untuk pembentukan isomer *cis* (Marx dkk., 2003).

Pengaruh pemanasan terhadap penurunan kualitas sensoris sari buah jeruk yang ditambah mikroemulsi maupun mikroemulsi β -karoten (Metode C dan D) sejalan dengan uji stabilitas mikroemulsi maupun mikroemulsi β -karoten yang telah dilakukan pada penelitian pendahuluan, yaitu bahwa baik mikroemulsi maupun mikroemulsi β -karoten yang telah diencerkan (1 : 9) pada kondisi pH asam tidak stabil terhadap pemanasan. Berdasarkan uji sensoris terhadap kualitas warna, rasa, aroma dan kenampakan, aplikasi mikroemulsi β -karoten untuk menghambat kerusakan fotooksidatif vitamin C sari buah jeruk sebaiknya dilakukan setelah pasteurisasi sehingga kualitas sensorisnya lebih bisa dipertahankan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa aplikasi mikroemulsi β -karoten ke dalam sari buah jeruk mampu menurunkan laju kerusakan fotooksidasi vitamin C sari buah jeruk dengan maupun

tanpa fortifikasi vitamin C dengan penghambatan lebih tinggi dibanding mikroemulsi maupun β -karoten. Metode aplikasi mikroemulsi β -karoten dalam sari buah jeruk berpengaruh terhadap kualitas sensoris sari buah jeruk. Jika mikroemulsi β -karoten ditambahkan sebelum pasteurisasi akan menurunkan kualitas warna, aroma, rasa maupun kenampakan sari buah jeruk. Aplikasi mikroemulsi β -karoten mampu meningkatkan kualitas warna maupun kenampakan sari buah jeruk jika penambahannya dilakukan setelah proses pasteurisasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terselenggara atas dukungan penyediaan dana insentif riset terapan oleh Kementerian Negara Riset dan Teknologi tahun 2008-2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1984). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 14th ed. AOAC, Inc. Arlington, Virginia, USA.
- Baiano A., Marchitelli, V., Tamagnone, P. dan Del Nobile, M.A. (2004). Use of Active Packaging for Increasing Ascorbic Acid Retention in Food Beverages. *Journal of Food Science* **69**: E502- E508.
- Chen, B.H. dan Chen, Y.Y. (1993). Stability of Chlorophylls and Carotenoids in Sweet Potato Leaves during Microwave Cooking. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **41**: 1315-1320.
- Chen, B.H. dan Huang, J.H. (1998). Degradation and Isomerization of Chlorophyll A and B -Carotene as Affected by Various Heating and Illumination Treatments. *Journal of Food Chemistry* **62**: 299-307.
- Chen, B.H., Chen, T.M. dan Chien, J.T. (1994). Kinetic Model for Studying The Isomerization of A- and B-Carotene during Heating and Illumination. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **42**: 2391-2397.
- Chen, B.H., Peng, H.Y. dan Chen, H.E. (1995). Change of Carotenoids, Color, and Vitamin A Contents during Processing of Carrot Juice. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **43**: 1912-1918.
- Chen, C.S., Shaw, P.E. dan Parish, M.E. (1993). Orange and Tangerine Juices. Dalam: Nagy S., Chen, C.S., Shaw, P.E. (eds.). *Fruit Juice Processing Technology*, hal 110-157. Auburndale, Fla: Agscience Inc.

- Conrad, K.R., Davidson, V.J., Mulholland, D.L., Britt, I.J. dan Yada, S. (2005). Influence of PET and PET/PEN Blend Packaging on Ascorbic Acid Degradation and color in Juices Expose to Fluorescent and UV Light. *Journal of Food Science* **70**: E19-E25.
- Dan, Q., Chen, Z.R. dan Li, H.R. (2009). Effect of Heating on Solid B-Carotene. *Journal of Food Chemistry* **112**: 344-349.
- De Azeredo, H.M.C., Faria, J.A.F. dan Da Silva, M.A.A.P. (2003). The Efficiency of TBHQ, β -Carotene, Citric Acid, and Tinuvin 234® on The Sensory Stability of Soybean Oil Packaged in PET Bottles. *Journal of Food Science* **68**: 302-306.
- Flanagan, J. dan Singh H. (2006). Microemulsions: A Potential Delivery System for Bioactive in Food. *Critical Review in Food Science and Nutrition* **46**: 221-237.
- Franke, S.I.R., Daniel, P., Giulian, R., Dias, J.F., Yoneama, M.L., da Silva, J., Erdtmann, B. dan Henriques, P.A.J. (2006). Influence of Orange Juice in The Levels and in The Genotoxicity of Iron and Copper. *Journal of Food and Chemical Toxicology* **44**: 425-435.
- Gama, J.J.T. dan de Sylos, C.M. (2005). Major Carotenoid Composition of Brazilian Valencia Orange Juice: Identification and Quantification by HPLC. *Journal of Food Research International* **38**: 899-903.
- Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I. dan Federico, F. (2002). Effect of Processing Techniques at Industrial Scale on Orange Juice Antioxidant and Beneficial Health Compounds. *Journal Agriculture Food Chemistry* **50**: 5107-5114.
- Hui, Z., Yan, S., Yin, B., Yibo, H., Fengqin, F. dan Xiadong, Z. (2008). Characterization and Synergistic Antimicrobial Activities of Food-Grade Dilution-Stable Microemulsions Against *Bacillus subtilis*. *Journal of Food Research International* **41** : 495-499.
- Jung, M.Y., Kim, S.K. dan Kim, S.Y. (1995). Riboflavin-Sensitized Photodynamic UV Spectrometry for Ascorbic Acid Assay in Beverages. *Journal of Food Science* **60**: 360-368.
- Klimczak, I., Maecka, M., Szlachta, M. dan Gliszczynska-Swigo, A. (2007). Effect of Storage on The Content of Polyphenols, Vitamin C and The Antioxidant Activity of Orange Juices. *Journal of Food Composition and Analysis* **20**: 313-322.
- Lee, E. C. dan Min, D. B. (1988). Quenching Mechanism of β -Carotene on the Chlorophyll Sensitized Photooxidation of Soybean Oil. *Journal of Food Science* **53**: 1894-1895.
- Lee, K. H., Jung, M.Y. dan Kim, S.Y. (1997). Quenching Mechanism and Kinetics of Ascorbyl Palmitate for The Reduction of The Photosensitized Oxidation of Oils. *Journal of the American Oil Chemistry and Society* **74**: 1053-1057.
- Lee, S.H. dan Min, D.B. (1990). Effects, Quenching Mechanism and Kinetics of Carotenoids in Chlorophyll-Sensitized Photooxidation of Soybean Oil. *Journal of Agriculture Food Chemistry* **38**: 1630-1634.
- Li, T.L, King, J.M. dan Min, D.B. (2000). Quenching Mechanisms and Kinetics of Carotenoids in Riboflavin Photosensitized Singlet Oxygen Oxidation of Vitamin D2. *Journal Food Biochemistry* **24**: 477-492.
- Marx, I. M., Stuparic, M. Scieber, A. dan Carle, R. (2003). Effect of Thermal Processing on Trans-Cis-Isomerization of β -Carotene in Carrot Juices and Carotene-Containing Preparation. *Journal of Food Chemistry* **83**: 609-617.
- Min, D.B. dan Boff, J.M.. (2002). Chemistry and Reaction of Singlet Oxygen in Foods. *Journal of Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **1**: 58-72.
- Montenegro, M.A., Nazareno, M.A., Durantini, E.N. dan Borsarelli, C.D. (2002). Singlet Molecular Oxygen Quenching Ability of Carotenoids in A Reverse-Micelle Membrane Mimetic System. *Journal of Photochemistry and Photobiology* **75**: 353-361.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. dan Gordon, M. (2001). *Antioxidants in Food*. CRC Press. Boca Raton Boston New York Washington, DC.
- Sibuea, P. (2005). *Mekanisme Quenching Oksigen Singlet oleh Kuersetin dan Peran Emulsifier terhadap Stabilitas Oksidatif Emulsi Minyak dalam Air*. Disertasi. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Solomon, O., Svanberg, U. dan Sahlstrom A. (1995). Effect of Oxygen and Fluorescent Light on The Quality of Orange Juice during Storage at 8°C. *Journal of Food Chemistry* **53**: 363-368.
- Spernath, A., Yaghmur, A., Aserin, A., Hoffman, R.E., dan Garti, N. (2003). Self-Diffusion Nuclear Magnetic Resonance, Microstructure Transitions, and Solubilization Capacity of Phytosterol and Cholesterol in Winsor IV Food-Grade Microemulsions. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **51**: 2359-2364.

Viljanen, K., Sundberg, S., Ohshima, T. dan Heinonen, M. (2002). *Carotenoids as Antioxidants to Prevent Photooxidation*. Digital Object Identifier (DOI). 10.1002/1438-9312(200206)104:6<353::AIDJLT353>3.0.CO;2-5. [5mei 2009]

Yang, W.T, Lee, J.H. dan Min, D.B. (2002). Quenching Mechanism and Kinetics of α -Tocopherol and β -Carotene on The Photosensitizing Effect of Synthetic Food Colorant FD&C Red No. 3. *Journal of Food Science* **67**: 507-510.